

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

PATRÍSIA DO NASCIMENTO DELGADO

O CASO DE GRACE FRYER E AS GAROTAS FANTASMAS: UMA PROPOSTA  
DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM ABORDAGEM CTS PARA O ESTUDO DA  
RADIOATIVIDADE

JOÃO PESSOA – PB

2019

PATRÍSIA DO NASCIMENTO DELGADO

O CASO DE GRACE FRYER E AS GAROTAS FANTASMAS: UMA PROPOSTA  
DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM ABORDAGEM CTS PARA O ESTUDO DA  
RADIOATIVIDADE

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado à Universidade Federal  
da Paraíba como parte das  
exigências para obtenção do título  
de licenciada em Química.

JOÃO PESSOA – PB

2019

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

D352c Delgado, Patrisia do Nascimento.

O caso de Grace Fryer e as garotas fantasmas: uma proposta de sequência didática com abordagem CTS para o estudo da radioatividade / Patrisia do Nascimento Delgado. - João Pessoa, 2019.  
40 f. : il.

Orientação: Claudio Gabriel Lima Júnior Lima.  
Monografia (Graduação) - UFPB/CCEN.

1. Garotas do rádio. 2. Radioatividade. 3. Grace Fryer.  
4. Sequência didática. I. Lima, Claudio Gabriel Lima Júnior. II. Título.

UFPB/CCEN

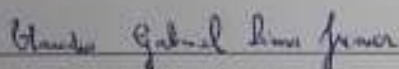
PATRÍSIA DO NASCIMENTO DELGADO

O CASO DE GRACE FRYER E AS GAROTAS FANTASMAS: UMA PROPOSTA  
DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM ABORDAGEM CTS PARA O ESTUDO DA  
RADIOATIVIDADE

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Universidade Federal da Paraíba como parte  
das exigências para obtenção do título de  
licenciada em Química.

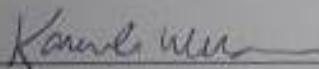
João Pessoa, 09 de maio de 2019.

BANCA EXAMINADORA



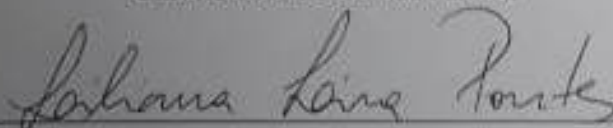
Prof. Dr. Claudio Gabriel Lima Junior

Universidade Federal da Paraíba



Profa. Dra. Karen Cacilda Weber

Universidade Federal da Paraíba



Prof. Dra. Liliana de Fátima Bezerra Lira de Pontes

Universidade Federal da Paraíba

Primeiramente, agradeço à minha filha Raquel por ter trazido esperança aos dias mais difíceis.

Dedico aos meus pais, família e amigos e ao professor Cláudio por toda a paciência durante o desenvolvimento desse trabalho.

## RESUMO

A educação CTS enfatiza que é necessário incorporar à sala de aula temas que se conectam com o contexto dos estudantes, principalmente para gerar interesse dos alunos na temática de ciências. Isso foi considerado ao escolhermos a história de Grace Fryer e as garotas fantasmas como contexto para construção de uma metodologia que promovesse o aprendizado sobre radioatividade. A proposta é promissora e inovadora por considerar temas transversais como leis trabalhistas, direito das mulheres e notícias falsas, e por utilizar pressupostos teórico-metodológicos da aprendizagem por representação múltipla. O objetivo deste trabalho foi aplicar uma sequência didática que tem por base o contexto social da história de Grace Fryer e garotas do rádio dentro da perspectiva da aprendizagem significativa e da educação CTS para promover ações e tomada de decisão pelos estudantes da 3ª série do ensino médio de uma escola da rede estadual no município de Mari, na Paraíba, através da cooperação entre conteúdos científicos e éticos. Descrevemos as sequências das aulas e utilizamos uma abordagem qualitativa para analisar a produção escrita, visual e oral dos estudantes com o intuito de validar a intervenção didática proposta. Consideramos que a proposta permite uma efetiva implementação de cada etapa da temática analisada.

**Palavras-chave:** garotas do rádio, radioatividade, Grace Fryer, sequência didática.

## ABSTRACT

The STS education emphasizes that it is necessary to incorporate themes into the classroom that connect with the context of the students, mainly to generate interest of the students in the science theme. This was considered when choosing the story of Grace Fryer and the ghost girls as a context for constructing a methodology that promotes learning about radioactivity. The proposal is promising and innovative because it considers cross-cutting themes such as labor laws, women's law and fake news, and to use theoretical-methodological assumptions of multimedia learning. The objective of this work was to apply a didactic sequence based on the social context of the story of Grace Fryer and radium girls within the perspective of meaningful learning and STS education to promote actions and decision making by high school students of a public school located in Mari, Paraíba, through the cooperation between scientific and ethical contents. We describe the sequence of lessons and used a qualitative approach to analyze the students' written, visual and oral production in order to validate the proposed didactic intervention. We consider that the proposal allows for effective implementation of each step from the measured subject.

**Key words:** radium girls, radioactivity, Grace Fryer, didactic sequence.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	8
1.2 Objetivo geral .....	9
1.3 Objetivos específicos .....	9
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	10
2.1 Aprendizagem significativa .....	10
2.2 Aprendizagem por representação múltipla .....	11
2.3 Ciência, tecnologia e sociedade .....	12
2.4 Radioatividade e Grace Fryer .....	13
2.5 Educação em Ciências .....	14
3. METODOLOGIA .....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	18
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	33
REFERÊNCIAS .....	34
ANEXOS .....	37



## 1. INTRODUÇÃO

A dinâmica escolar do passado era avessa à interferência externa, o que trazia o papel da escola como detentora de conhecimento. Com a popularização dos meios de comunicação, os alunos passaram a ter acesso a fontes de informação diversas da escola. O fluxo do conhecimento foi invertido e, conseqüentemente, a escola foi mudada, sendo invadida pelas ideias do mundo exterior. Novas perspectivas pedagógicas podem reforçar a atuação da escola como disseminadora de conhecimento (CHASSOT, 2003).

Em tempos longínquos, a educação moldava comportamento, com enfoque na disciplina. Após a revolução industrial, persistiu a necessidade de sujeitos disciplinados, mas a escola também adquiriu o papel de torná-los empregáveis. No entanto, para que um país emergente progrida em meio a um sistema neoliberal, faz-se necessária produção própria de conhecimento, não apenas para alfabetizar ou para disciplinar, mas também com educação científica. No entanto, como o progresso da escola em adquirir espírito científico depende da ação dos professores, é suposto que para efetivar a educação científica nas escolas se necessita primeiramente de uma reelaboração da formação docente, em que este deixe de ser reproduzidor de conhecimento, assim como se faz necessária uma transformação da rotina escolar (DEMO, 2014).

Hurd (1958) é tido como o primeiro a utilizar o termo “alfabetização em ciência” e trouxe a necessidade de uma educação que vai ao encontro da emergente revolução científica. Ele propunha a criação de um currículo de ciências com profundidade e qualidade do conhecimento.

A alfabetização científica surgiu em decorrência de investigações acerca da Didática das Ciências e atualmente é defendida por muitos professores e pesquisadores no campo do Ensino de Ciências por ser um ensino que visa desenvolver conhecimentos científicos, o que se mostra oposto ao ensino tradicional com transmissão e recepção de conceitos pouco contextualizados. Os baixos índices de aprendizagem e a falta de interesse popular pelas Ciências corrobora a ineficiência das práticas de Ensino de Ciências dogmático. Tanto os conceitos como as atividades propostas em sala de aula devem ter utilidade, acessibilidade e aplicabilidade, de modo que os estudantes possam manifestar uma ação útil da tecnologia a partir da interação com o mundo material e aflorar uma compreensão gradual do funcionamento do mundo natural (MILARE et al, 2009).

Abordagens diferenciadas do Ensino de Química em sua maioria aludem ao Meio Ambiente e à Tecnologia como fatores que refletem na sociedade moderna e retornam como impactos ambientais (MILARE et al, 2009). Este trabalho pretende articular o ensino do tema radioatividade com a relevância social da história das meninas fantasmas.

## 1.1 Objetivo Geral

Utilizar a temática Grace Fryer para trabalhar a temática Radioatividade para o ensino de Química no Ensino Médio por meio de uma sequência didática com enfoque CTS, criando condições facilitadoras para o aprendizado, tornando o ambiente escolar um lugar de interesse e levando ao aluno implicações científicas e sociais da radioatividade para que o conhecimento seja de fácil assimilação e, deste modo, os alunos contextualizem o conteúdo apresentado por uma aprendizagem significativa.

## 1.2 Objetivos específicos

- Apresentar uma sequência didática com enfoque CTS;
- Proporcionar a aprendizagem significativa do tema radioatividade;
- Promover discussões acerca de temas sociais que permeiam a história da Química;
- Utilizar recursos de representação múltipla no processo de ensino e aprendizagem.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Aprendizagem significativa

Silva (2011) aponta a má formação dos professores, o déficit no salário dos profissionais de ensino, a metodologia arcaica aplicada em sala de aula, insuficiência de aulas experimentais e desinteresse dos alunos quanto à educação formal como aspectos responsáveis pelo declínio do processo de ensino-aprendizagem. Uma das soluções apresentadas permeia a alternância de metodologias tradicionais com metodologias que tornem o ensino de Química mais atraente e eficiente.

Antes que o pesquisador David Ausubel propusesse o conceito de aprendizagem significativa, em 1963, as ideias predominantes no campo de aprendizagem eram de que a bagagem de aprendizado dos estudantes era irrelevante e de que o aprendizado deles dependia de alguém que os ensinasse. Ausubel está na contramão deste pensamento behaviorista, apresentando a concepção de que a aprendizagem faz parte de um processo de ampliação e reconfiguração de ideias pré-existentes na estrutura mental e, a partir disto, relacionar e acessar novos conhecimentos. A aprendizagem significativa é mais efetiva e duradoura do que a aprendizagem mecânica porque a memorização é passível de esquecimento ao passar do tempo por não ser ancorada em aspectos da estrutura cognitiva preexistente, enquanto o esquecimento na aprendizagem significativa pode ter um resgate relativamente rápido pelo conhecimento residual (FERNANDES, 2011).

Quando se dá uma aprendizagem memorística, o conhecimento é usado momentaneamente para realizar avaliações e posteriormente é esquecido por não fazer parte das ações atitudinais do aluno e não estar na estrutura cognitiva. Enquanto que a aprendizagem significativa depende de requisitos como estruturação do novo conhecimento ofertado com coerência, existência de conhecimentos prévios que ancorem os novos conhecimentos e conexão do conhecimento com o propósito de aprendizado pessoal. Para se configurar como aprendizagem significativa, cabe ao aprendente inserir o conteúdo na estrutura cognitiva, de modo que o significado lógico do material pedagógico adquira significado psicológico. E, como cada indivíduo é carregado de informações pessoais, a construção do conhecimento se dá de maneira particular e própria, fazendo-se necessário que o aprendente tenha a atitude proativa de buscar sentido através da estrutura cognitiva que se liga apropriadamente a um conhecimento de teor correspondente (TAVARES, 2003).

Do ensino fundamental ao ensino superior, há uma cultura de enfoque no conhecimento memorístico, através da realização de avaliações que não exigem conhecimento internalizado, nem reflexões ou conjecturas que possam gerar novos conhecimentos. O ambiente de ensino formal condiciona geralmente o estudante a decorar conhecimentos para ter sucesso em avaliação. É um conhecimento que desaparece facilmente da estrutura cognitiva. Enquanto que, na aprendizagem significativa, a apropriação do conhecimento pelo estudante faz com que aquele possa ser recriado e ampliado na estrutura cognitiva (TAVARES, 2006).

Na perspectiva clássica de aprendizagem significativa, um material pedagógico deve almejar a potencialidade significativa de ancorar o significado lógico a um subsunçor (conhecimento prévio) do aprendiz e deve haver no aprendiz a intenção de transformar o significado lógico em psicológico (MOREIRA, 2006).

Quando não há um subsunçor para ancorar o conhecimento, o sujeito armazena a nova informação através de aprendizagem mecânica. Partindo do princípio de que ensinar é favorecer a aprendizagem, a estratégia do professor deve considerar a natureza do conhecimento, o contexto social e os estudantes para promover uma aprendizagem significativa. O termo “significativo” não remete diretamente a correto ou apropriado, de modo que o termo em inglês para o conceito de aprendizagem significativa é “meaningful learning”, no qual aprender se caracteriza por perceber, processar e atribuir significado a um conceito. Este significado pode ser correto ou incorreto segundo o ponto de vista científico, pois perpassa a apropriação individualizada de cada aprendiz (LEMOS, 2011).

## 2.2 Aprendizagem por representação múltipla

Como cada indivíduo tem uma percepção subjetiva da ideia que recebe, não há uma retenção bruta de conhecimento, mas uma formação de significado particular, que se reflete na percepção do mesmo conceito em contextos diversos daquele pelo qual houve a recepção de conhecimento. Como a humanidade tende a interagir através de símbolos visuais e verbais, a estratégia de representação múltipla pode colaborar com a aprendizagem significativa (TAVARES, 2008).

Segundo Mayer (2002), o processo de aprendizagem por representação múltipla pode ocorrer como aquisição de informação ou construção de conhecimento. Promove-se uma combinação de modalidades, como uso de tela e som, apresentação de palavras e figuras ou recursos audiovisuais. A pesquisa de Mayer se baseou em princípios de teoria cognitiva, na qual cada um dos dois canais de processamento visual/imagem e audição/verbal tem capacidade limitada de processamento de dados, que pode ser amplificada quando utilizados simultaneamente. Segundo evidências da pesquisa, foram elencados nove princípios, estando o princípio multimídia entre eles. Este princípio identifica que os estudantes tem maior índice de aprendizado com o uso simultâneo de palavras e figuras comparando-se com o uso único de palavras (MAYER, 2002).

Uma alternativa para vencer a resistência ao aprendizado de Química é trazer na prática didático-pedagógica uma relação maior de contextualidade e menos memorização mecânica. A aula é transformada em um veículo para que o aluno procure respostas e exercite o raciocínio, diferindo-se da abordagem tradicional ao trazer a Química de maneira simples e agradável (BERNARDELLI, 2004).

A importância de estudar Química está em ampliar a criticidade, fazendo com que o aprendiz analise, compreenda e se aproprie dos conteúdos escolares para resolver problemas de relevância para a sociedade (SANTOS, 2013).

No ensino médio, a falta de conhecimento prévio em ciências frustra alunos e professores com relação à aprendizagem. E essas frustrações não se restringem ao âmbito acadêmico, pois podem ter consequências psicológicas por repetidas reprovações e consequente abandono escolar. Para o professor, compreender o que os alunos conhecem previamente é uma dificuldade, tendo em consideração a heterogeneidade das turmas (BRAATHEN, 2012).

### 2.3 Ciência, tecnologia e sociedade

A incorporação de temáticas de relevância social no ensino de Ciências no Brasil já acontece desde a década de 70, sendo inclusive uma das temáticas apresentadas em trabalhos científicos no ano de 1990 na “Conferência Internacional sobre Ensino de Ciências para o século XXI: ACT Alfabetização em Ciência e Tecnologia”. No decorrer da década de 90, ampliam-se as pesquisas e as publicações com temática em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). O interesse pela temática vem se expandido em relevância até os dias atuais. Em âmbito mundial, o movimento CTS surgiu na década de 70 propondo uma reflexão crítica sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, e teve o auge nos anos 80 e 90, mas ainda se faz presente na atualidade com reflexões e amplificações do sentido original (SANTOS, 2008).

O ensino com enfoque CTS provoca no aluno a construção de conhecimentos, habilidades e valores que embasam um posicionamento sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade. Como o movimento CTS teve adesão inicial de educadores de esquerda, foi incorporada a dimensão política de busca por justiça e igualdade social defendida por Paulo Freire (SANTOS, 2008). Roth e Desautels (2002) discutem que o ensino de ciência é uma possibilidade para mobilizar estudantes a discutir problemas sociais através do debate de temas que permeiam a dimensão política, ideológica e ética.

A proposta CTS tem o papel cidadão de considerar no ensino de ciências a incorporação do contexto vivencial dos estudantes, para gerar conhecimento que contribui para a formação integral do indivíduo. A estrutura social atual tem sido modificada pelos aparatos tecnológicos, que trazem o acesso à informação de maneira cada vez mais instantânea, ou seja, a ciência e a tecnologia fazem parte do dia a dia dos cidadãos. Contudo, ainda nos deparamos com o ensino tradicional de Ciências sem conexão com as problemáticas sociais, a vida real e o uso de tecnologia. Os livros didáticos de Ciências pouco abordam aspectos históricos, humanos e tecnológicos, gerando pouca identificação do aluno com as temáticas propostas. Quando a escola se propõe a formar cidadãos, o ensino de ciências deve estimular a evolução do pensamento crítico, o desenvolvimento de habilidade cognitivas, a resolução de problemas e a tomada de decisões com implicações em cidadania. A proposta CTS ultrapassa a simples transmissão de conhecimento, pois intenta a edificação de uma sociedade em que a ciência não é nem neutra nem restrita (CUNHA, 2006).

Nessa perspectiva do movimento CTS, Santos e Mortimer (2002) apontam que:

Destaca-se, portanto, entre os objetivos, o desenvolvimento de valores. Esses valores estão vinculados aos interesses coletivos, como os de solidariedade, de fraternidade, de consciência do compromisso social, de reciprocidade, de respeito ao próximo e de generosidade. Tais valores são, assim, relacionados às necessidades humanas, o que significa um questionamento à ordem capitalista, na qual os valores econômicos se impõem aos demais. Será por meio da discussão desses valores que contribuiremos na formação de cidadãos.

Além de simplesmente ter acesso à informação, é de suma importância que o cidadão conheça e questione os impactos da ciência e tecnologia no seu entorno, para

que não sejam enganados por promessas de avanços tecnológicos que servem apenas aos interesses de uma classe dominante (PINHEIRO et al, 2007).

O ensino deve estar a serviço das pessoas, pois a função escolar básica é construir cidadãos e não especialistas. O estímulo para o aprendizado dos estudantes deve vir dos interesses pessoais e projetos de vida. O conhecimento não é um fim, mas é um meio para que se transforme em informação, seja interpretado e receba um significado (MACHADO, 2005).

No PCNEM, contextualização é a possibilidade de conferir significado ao conhecimento para que o aluno chegue a uma aprendizagem significativa, pois ela retira o aluno da categoria de expectador passivo (BRASIL, 1999).

Ao professor cabe assumir a mediação ativa do processo de ensino e aprendizagem, posto que a contextualização se reflita na comunidade na forma de entendimento mais homogêneo e concepção mais apurada através do um ensino de Química (WARTHA et al, 2013).

A capacidade de repensar as necessidades de ensino e aprendizagem foi a iniciativa para a criação do termo sequência didática, em 1996, pois os pesquisadores buscavam ir além da compartimentalização do conhecimento (GONÇALVES, FERRAZ, 2016). A sequência didática é compreendida como um agrupamento sistemático de uma série de atividade escolares, tendo sido utilizada inicialmente para organizar a aprendizagem de línguas. É um instrumento cujo propósito é o ensino contextualizado, em que a atenção do professor se volta para criar estratégias que visam a efetivação da aprendizagem (LEITE, 2014).

## 2.4 Radioatividade e Grace Fryer

As orientações curriculares oficiais nacionais trazem a radioatividade como um tema pertinente aos currículos de Ensino Médio e Superior de Química (BRASIL, 2006). Temas transversais, como energia, meio ambiente, acidentes nucleares, lixo atômico, medicina e diversos outros aspectos de representatividade social, podem ser abordados a partir da temática de radioatividade. A conexão do tema com questões atuais da sociedade sugere a potencialidade de elaboração de práticas pedagógicas que estimulam o estudante a representar, comunicar, investigar, compreender e promover a contextualização sociocultural. As estratégias didáticas para o ensino de radioatividade devem promover o desenvolvimento científico, tecnológico e meio ambiente (SILVA et al, 2013).

A radioatividade é fundamentada teoricamente na área de ciências exatas, especificadamente na Física Moderna, mas é apresentada aos alunos do Ensino Médio através da disciplina de Química. As propostas tratadas em livro didático geralmente relacionam os fenômenos radioativos ao uso de fórmulas memorizadas e referências a acidentes nucleares, mas propostas inovadoras podem oportunizar aos estudantes o posicionamento crítico perante as situações que se deparam em sociedade. O estudo da radioatividade visa ao entendimento da instabilidade das partículas, que se estabilizam ao ejetar partículas e ondas eletromagnéticas nucleares com o propósito de perder energia, o que compreende a definição de decaimento radioativo (AQUINO, CHIARO, 2013).

O elemento social abordado neste trabalho é a caracterização das meninas fantasmas ou garotas do rádio, do original em inglês “radium girls”, com enfoque na história de Grace Fryer, uma mulher que, aos dezoito anos, iniciou os trabalhos na fábrica U.S. Radium na cidade de Nova Jersey e, em poucos anos de atividade empregatícia, começou a perder os dentes e a sentir dores na mandíbula. Ao buscar auxílio de um dentista, as radiografias apresentaram um desgaste na mandíbula, um problema que era muito similar ao de outras jovens que procuraram atendimento médico. Todas tinham algo em comum: trabalhavam na fábrica U.S. Radium. A despeito da aparente constatação de que o trabalho na fábrica estava provocando danos às mulheres, especialistas contratados pela U.S. Radium atestaram boa saúde para Grace, almejando livrar a empresa de implicações legais (GUNDERMAN, GONDA, 2015).

Acerca de 1917, haviam setenta mulheres empregadas na U. S. Radium para produzir relógios radioluminescentes para os militares. As mulheres da fábrica eram persuadidas pelo chefe de que engolir rádio faria com que elas tivessem bochechas rosadas (ANWAR, LOWENSTEIN, 2015). Como os números e os mostradores de relógio eram pequenos, as mulheres eram orientadas a lambear a ponta do pincel para afiná-la e facilitar a pintura (JOHNSON, 2012).

Amelia Maggia, também conhecida como Mollie, tinha vinte e um anos quando começou também a trabalhar como pintora de mostradores de relógio usando a tinta radioativa. Em 1921, ela começou a ter problemas dentários, que culminaram em Setembro de 1922 com a morte de Mollie. A causa da morte foi atribuída à sífilis, mas uma autópsia realizada após exumação constatou acúmulo de rádio no organismo e nenhum traço de sífilis. (CLARK, 1997).

A companhia contratou médicos, dentistas e pesquisadores para provar que as doenças das funcionárias não eram decorrentes da exposição ao rádio. Quando a U.S. Radium foi confrontada pela defesa das garotas fantasmas, uma campanha difamatória, atribuindo as sequelas das mulheres à existência de sífilis, foi iniciada para desacreditar a reputação delas em uma sociedade com valores conservadores (ANWAR, LOWENSTEIN, 2015).

No final do julgamento, a sentença proferida concedeu para cada mulher uma indenização de dez mil dólares e uma pensão vitalícia de seiscentos dólares por ano. A condenação da empresa U. S. Radium através da luta por justiça das garotas do rádio deflagrou mudanças na lei de saúde ocupacional e na lei de indenização por danos laborais. As cinco mulheres que processaram a U.S. Radium morreram em 1935 e, apesar da vitória nos tribunais, algumas empresas de pintura de mostradores de relógio persistiram até os anos 1940 ou continuaram em menor escala de produção até 1960 (JOHNSON, 2012).

A história das meninas do rádio ecoa o fervor do uso de produtos radioativos, tidos como inofensivos e até mesmo benéficos, durante o século XX (ANWAR, LOWENSTEIN, 2015).

## 2.5 Educação em Ciências

Oliveira, Guimarães e Lorenzetti (2015) propuseram uma sequência didática com a temática de Qualidade do Ar Interior como alternativa de ensino de Ciências que promovesse a Alfabetização Científica e Tecnológica na disciplina de Química em uma turma de ensino médio, cuja abordagem CTS tem a finalidade de abordar o estudo dos gases e da Cinética Química. Os estudantes foram provocados a refletir sobre a relevância social do conhecimento científico, aproximando-o da realidade dos alunos.



### 3. METODOLOGIA

Compreendendo que é essencial adotar práticas alternativas para ensino de Química que promovam no aluno o desenvolvimento de competências, este trabalho apresenta uma pesquisa qualitativa desenvolvida como estudo da aplicação de uma sequência didática como proposta CTS para a 3ª série do Ensino Médio cujo tema principal é a Radioatividade, com duração prevista em plano de aula (ANEXO 1) de cinco aulas, tendo como paradigma teórico a aprendizagem significativa de David Ausubel. Os temas transversais propostos são segurança do trabalho, leis trabalhistas, luta feminista, padrão de consumo e manipulação da mídia.

As aulas foram ministradas para duas turmas de 3º ano de uma unidade escolar da rede estadual de ensino no município de Mari, na Paraíba.

O estudo qualitativo, baseado no posicionamento epistemológico do *Interpretacionismo*, se baseia na condição de que o ser humano se comporta de maneira não-passiva e confere um aporte metodológico para a descrição da atividade interativa e interpretativa da atividade humana (OLIVEIRA, s/data).

A primeira aula foi iniciada com uma sequência de oito slides em Power Point que introduz os estudantes à época histórica da Segunda Guerra Mundial, período em que os homens foram convocados para o front de batalha. Os alunos foram apresentados à personagem histórica Grace Fryer, que seria o fio condutor da narrativa, por meio de uma projeção em slides com pequenas frases e figuras ilustrativas. As condições de trabalho com que ela se depara foram aos poucos delineadas, trazendo à tona questionamentos sobre insalubridade e precariedade na segurança do trabalho.

Foram apresentados também produtos radioativos, que na época eram considerados saudáveis segundo pesquisas realizadas por laboratórios contratados pelas empresas. São apresentadas questões sobre relevância social das pesquisas científicas.

Ainda durante a primeira aula, foram apresentadas as características que tornaram Grace Fryer e as amigas conhecidas como “garotas fantasmas” e discutiu-se o limite da vaidade, posto que as garotas da fábrica usavam a tinta radioativa para fins estéticos. Questiona-se aos alunos sobre qual é o limite da vaidade.

Desenvolveu-se a narrativa do desenvolvimento da doença de uma delas, Mollie Maggia, que culminou na morte da mesma. Sabendo deste fato, a primeira aula se encerrou com a descrição dos sintomas que começaram a acometer Grace Fryer (dores na mandíbula e nos pés), assim como o questionamento sobre qual seria o possível destino de Grace Fryer, tendo como referência o destino de Mollie Maggia.

Na segunda aula, os pontos principais da história foram recapitulados, de modo que a apresentação em slides começou com a distinção entre boatos e fatos, em que peritos se utilizam de argumentos científicos para validar o ponto de vista da empresa US Radium e tentar mascarar o boato que começa a emergir acerca da doença das “meninas fantasmas” estar sendo provocada pelo elemento radioativo rádio da tinta

UNDARK. Na segunda aula, a apresentação em slides mostrou o desenvolver da doença de Mollie Maggia, durante o período de janeiro a setembro de 1922, partindo dos problemas odontológicos, passando por uma cirurgia de retirada de um tumor na mandíbula, em que os ossos de Mollie se esfarelaram, e culminando na primeira morte entre as garotas da fábrica. A reputação das jovens mulheres foi questionada pelos peritos, trazendo à tona um questionamento sobre a cultura machista da época e como isto tem semelhanças ou diferenças com os dias atuais. Os alunos foram conduzidos pela narrativa de como se deu a ação trabalhista, as audiências e finalmente a sentença que concedeu indenização e pensão às garotas fantasmas. Fez-se com uma breve descrição da importância desse feito para a melhoria dos direitos trabalhistas nos Estados Unidos. Finalizou-se com uma explicação sobre a meia-vida do elemento rádio, justificando o fato de que as meninas fantasmas continuam brilhando no túmulo. A aula totalizou uma apresentação de oito slides.

A terceira aula propôs a formação de sete grupos para elaboração de cartazes com imagens e tópicos em que cada grupo dispôs de quinze minutos para responder a uma das questões a seguir:

- a) Comparando com o século XX, período em que aconteceu o episódio das garotas-fantasmas, o que mudou e o que permanece igual em relação aos direitos das mulheres no trabalho?
- b) Como as pessoas podem ser manipuladas a consumir ou fazer coisas prejudiciais?
- c) Podemos confiar totalmente em pesquisas ou notícias? Como você decide em quem confiar?
- d) As indenizações pagas às garotas-fantasmas foram justas? Hoje em dia, como é o procedimento em caso de lesões provocadas no trabalho?
- e) Como você definiria as condições de trabalho ideais?
- f) Como o uso de equipamentos de proteção pode evitar acidentes?
- g) Como o conhecimento científico faz diferença na segurança do trabalho?

A terceira aula teve como objetivo promover reflexão baseada na confiança e no apoio entre alunos e professor, promovendo suporte individual e coletivo, conferindo uma rápida intervenção, colocando o estudante em papel ativo, segundo uma proposta atual de aprendizagem colaborativa.

Os alunos puderam utilizar informações disponíveis na internet para compor o cartaz. Assim que se encerrou o tempo previsto, cada grupo foi convidado a expor o cartaz e os outros grupos elaboraram informações que consideravam pertinentes.

Durante a quarta aula, a sala de aula foi dividida em três grupos e cada grupo ficou responsável pela montagem de um quebra-cabeça com figuras que remetiam às emissões alfa, beta e gama. Assim que finalizaram a tarefa, foi realizada pesquisa e anotação sobre definição de emissão radioativa em cartazes, que foram trocados para que os alunos pesquisassem efeitos e medidas de segurança contra a radiação. Posteriormente, trocaram-se os cartazes para que os grupos pesquisassem e mostrassem um exemplo daquela emissão radioativa.

A quinta aula trouxe uma compilação de exemplos de emissão radioativa, assim como a abordagem prática de exercícios realizados ativamente e colaborativamente pela turma. Ao final da quinta aula, foi apresentado um vídeo com registros de diversos momentos das aulas anteriores.

As fontes de coleta de dados para este trabalho foram as opiniões, imagens, desenhos e textos produzidos durante as aulas.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No contexto de que os homens foram convocados para a Primeira Guerra Mundial, os estudantes foram questionados se aceitariam trabalhar em uma fábrica de relógios que oferece três vezes mais que as outras empresas para que sejam pintados mostradores de relógios luminosos. Na turma de 3º ano A, a adesão à proposta de emprego seria de 80% dos alunos, enquanto que na turma de 3º ano B, todos os alunos aceitaram a proposta. A adesão total entre a turma B sugere a influência do contexto social, posto que quase na totalidade dos alunos da turma exercem atividade remunerada no turno oposto ao qual estudam.

Quando confrontados com a técnica de pintura, que consistia em passar o pincel nos lábios, molhar o pincel na tinta Undark, em cuja composição se encontrava o elemento químico rádio, e posteriormente pintar, as opiniões começaram a divergir. Na turma A, as mulheres se manifestaram favoráveis a permanecer no emprego, apesar dos riscos envolvidos com a técnica de pintura, posto que, considerando o contexto histórico, manter o emprego era uma questão de sobrevivência. Entre os meninos da mesma turma, as opiniões se dividiram. O aluno 1 expressou a opinião de que a decisão das mulheres em continuar trabalhando na fábrica, apesar das condições insalubres pela ingestão de material radioativo, se devia à incompreensão do risco que elas estavam se expondo. Na turma B, o aluno 2 imediatamente reconheceu o rádio como elemento radioativo e expôs sua indignação quanto aos riscos de ingerir tal material. A aluna 3 sugeriu que uma solução plausível para evitar a contaminação por rádio seria limpar o pincel em uma flanela ou na própria roupa em vez de usar os lábios. Alguns alunos retrucaram a afirmativa anterior, informando que a proximidade com o material radioativo já seria danosa. O aluno 2 citou o caso do acidente com césio-137 em Goiânia como um exemplo dos danos que poderiam ocorrer ao se expor à emissão radioativa.

A narrativa evolui para o momento em que a instrutora de Grace questiona o gerente da empresa sobre o motivo dos homens do laboratório da empresa usarem equipamentos de proteção, enquanto as mulheres empregadas na pintura estavam expostas e ingerindo a tinta Undark. O gerente afirma não haver riscos. Neste ponto, ambas as turmas argumentaram que a empresa conhecia os riscos, mas manipulava as mulheres para trabalharem sem equipamentos de proteção, pois o desconhecimento as fazia vulneráveis. Os homens, que tinham maior escolaridade, conheciam os riscos de se expor à radiação e trabalhavam usando avental de chumbo, luvas e máscaras. A orientadora intervém ao dizer que havia uma clara distinção de gênero e desvalorização da vida da mulher. Os homens que trabalhavam em pesquisas no laboratório da empresa, por serem escolarizados, detinham o poder e recebiam melhores condições de trabalho.

Abaixo vemos quatro anúncios do início do século XX, que retratam produtos em cuja composição se apresentam os elementos radioativos Tório e Rádio:

Figura 1 – Compilação de produtos radioativos no século XX.



Retirada do site:  
[https://www.reddit.com/r/vintageads/comments/6z98qc/thoradia\\_lipstick\\_marieclaire\\_magazine\\_23rd\\_july/](https://www.reddit.com/r/vintageads/comments/6z98qc/thoradia_lipstick_marieclaire_magazine_23rd_july/)

Os anúncios retratam produtos radioativos, cujas pesquisas encomendadas pelas empresas afirmavam trazer benefícios à saúde. Os alunos das turmas A e B se mostraram assustados com a existência de cosméticos radioativos e água radioativa. A aluna 4 da turma A acreditava que as empresas que faziam anúncios alegando vantagens no consumo de produtos com tório e rádio se utilizavam de pesquisas fraudulentas. O aluno 5 da turma B citou os recentes casos de notícias falsas veiculadas em redes sociais para influenciar o comportamento das pessoas. Quando indagados a expor situações reais em que um produto cosmético provocou algum dano físico, a aluna 6 da turma B descreveu o uso sem recomendação médica de uma pomada que prometia secar espinhas na face e ocasionou uma queimadura na pele. A mesma afirma que recebeu um texto com a recomendação do cosmético via aplicativo de mensagens e se sentiu enganada ao se ferir com o uso indiscriminado.

O motivo de Grace e as colegas serem chamadas de meninas fantasmas é revelado: elas se destacavam por brilhar pelas ruas escuras ao anoitecer, quando se deslocavam da fábrica para casa, e usavam a tinta Undark em vestidos e no próprio corpo, pois consideravam o brilho radioativo como um elemento decorativo que atraía a atenção. A tinta era passada nos dentes e nos vestidos de baile (STOCKTON, 2018).

Em seguida, foram apresentados ao caso particular de uma das garotas da fábrica, Mollie Maggia, que começa a perder os dentes e formar feridas com odor desagradável na boca. Os alunos foram indagados a fazer suposições sobre o futuro de Mollie. Na turma A, os alunos acreditavam que a doença de Mollie era consequência do contato com o elemento rádio e discutiram a responsabilidade da empresa indenizar por uma doença que surgiu em decorrência do trabalho. Na turma B, eles levantaram hipóteses sobre a gravidade das lesões provocadas pela exposição ao rádio e o risco de todas as mulheres da fábrica adoecerem em virtude disto.

No intervalo de alguns dias entre a primeira e a segunda aula, a turma A buscou informações na internet sobre a história de Grace Fryer por iniciativa própria, em busca de respostas e explicações para os eventos iniciados, demonstrando uma atitude ativa dos estudantes e identificação dos estudantes com o tema. Percebe-se pelos diálogos estabelecidos com a professora e pela argumentação desenvolvida pelos estudantes que

o material didático desenvolvido tem potencialidades significativas, é ancorado em conhecimentos prévios e pode ser motivador para o estudo e a aprendizagem significativa de Química.

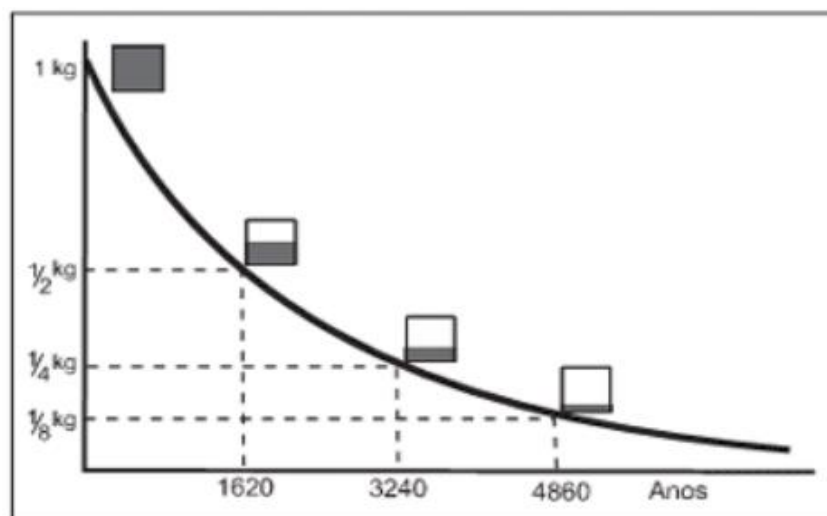
O choque sobre a rapidez com que a doença de Mollie Maggia se desenvolveu ficou nítido entre os estudantes. A revelação de que Grace Fryer, aproximadamente na mesma época do ocorrido, despertou a empatia dos alunos e trouxe uma discussão sobre o que teria acontecido com Grace após esse episódio. A maioria dos alunos em ambas as turmas acreditava que ela morreria rapidamente.

A partir da constatação de um dentista de que diversas mulheres que trabalhavam na fábrica U.S. Radium estavam adoecendo, a empresa contratou peritos e alegou em sua defesa que as mulheres estavam adoecendo por sífilis, uma doença sexualmente transmissível. A partir deste ponto da história foi iniciada uma discussão com os alunos acerca de quem teria mais credibilidade: a empresa que contratara peritos para reforçar seu ponto de vista ou as pobres mulheres jovens e sem instrução? Segundo a discussão apontada pela turma A, considerando o contexto histórico e social, os alunos acreditavam que a empresa teria muito mais credibilidade, considerando o contexto histórico. Na turma B, a conversa se desenvolveu em torno da acusação machista apresentada pela empresa, em que os alunos defenderam que nenhuma mulher merecia ter suposições sobre a vida íntima expostas com o intuito de manchar a reputação. Os estudantes da turma B pontuaram que as mulheres afetadas pela U.S. Radium deveriam se unir contra a empresa.

A partir de um julgamento repleto de dificuldades, as garotas do rádio conseguiram vencer a empresa nos tribunais e conseguiram indenização e pensão vitalícia para cada uma. A vitória delas foi o início de mudanças nas normas de segurança industrial.

A última parte da segunda aula foi uma explicação para o fato de que as garotas fantasmas continuam brilhando no túmulo. Os alunos foram apresentados ao gráfico abaixo:

Figura 2 – Meia vida do elemento rádio.



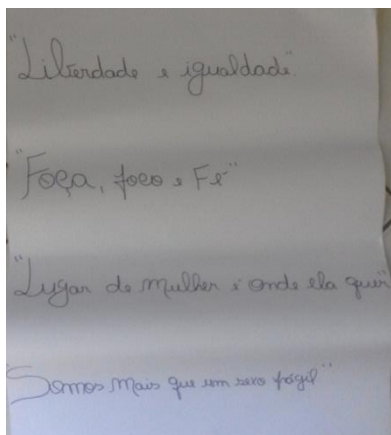
Retirada do site: <https://exercicios.mundoeducacao.bol.uol.com.br/exercicios-quimica/exercicios-sobre-os-calculos-envolvendo-meia-vida.htm>

A partir do gráfico, foram estimulados a perceber que ele representava uma relação entre massa e tempo. A medida que o elemento radioativo se desintegra, a massa é reduzida. Quando questionados sobre de quantos anos era o salto temporal entre cada ponto, os alunos apontaram 1620 anos. Quando questionados sobre o fato de que, se Grace Fryer tivesse ingerido ao longo dos anos de trabalho na U.S. Radium a quantidade de 1 quilo de rádio, qual seria a massa de rádio em 1620 anos, informaram que seria exatamente a metade, ou seja, meio quilo. Novamente foram questionados sobre qual seria a massa de rádio após mais 1620 anos, respondendo prontamente o valor de 250g. Assim que perceberam que havia uma relação de diminuição de metade da massa do elemento radioativo a cada período de tempo, foram introduzidos ao conceito de meia vida (USBERCO, SALVADOR, 2002).

Na terceira aula, os alunos foram divididos em grupos para responder a alguns questionamentos na forma de cartazes com imagens, frases e tirinhas que abordam os temas elencados.

Nas turmas A e B, foram confeccionados os cartazes a seguir:

Figura 3 - Resposta da turma A à seguinte questão: Comparando com o século XX, período em que aconteceu o episódio das garotas-fantasma, o que mudou e o que permanece igual em relação aos direitos das mulheres no trabalho?



Fonte: compilação da autora.

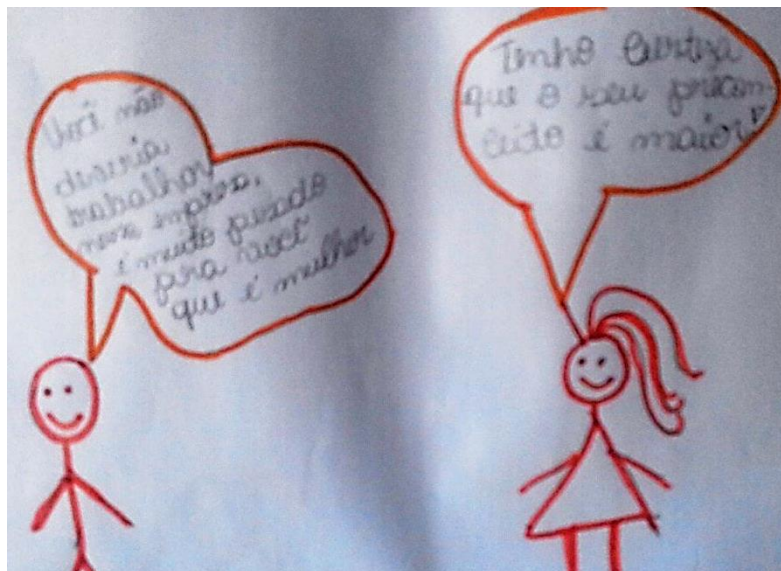
Figura 4 - Resposta dada pela turma B acerca da questão: Comparando com o século XX, período em que aconteceu o episódio das garotas-fantasma, o que mudou e o que permanece igual em relação aos direitos das mulheres no trabalho?





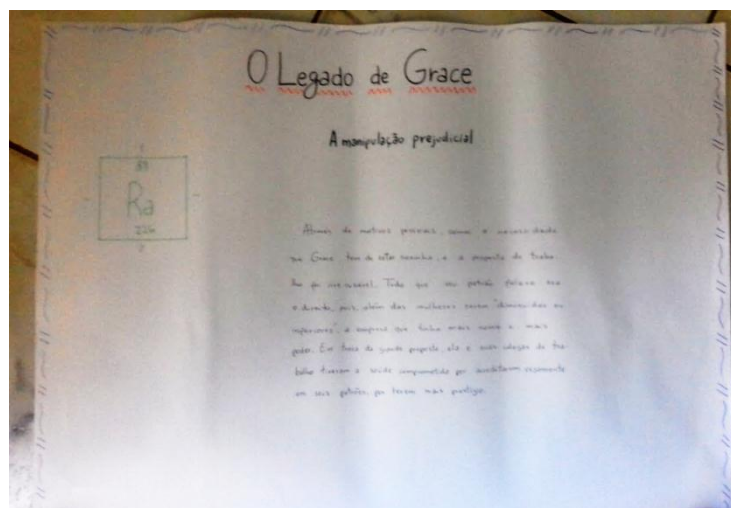
Fonte: compilação da autora.

Figura 5 – Ampliação da história em quadrinhos da turma B para a questão: Comparando com o período em que aconteceu o episódio das garotas-fantasmas, o que mudou e o que permanece igual em relação aos direitos das mulheres no trabalho?



Fonte: compilação da autora.

Figura 6 - Resposta da turma A à seguinte questão: Como as pessoas podem ser manipuladas a consumir ou fazer coisas prejudiciais?



Fonte: compilação da autora.

Figura 7 – Texto ampliado de resposta à seguinte questão: Como as pessoas podem ser manipuladas a consumir ou fazer coisas prejudiciais?

Através de motivos pessoais, como a necessidade que Grace teve de estar sozinha, e a proposta de trabalho foi irrecusável. Tudo que seu patrão falava era o direito, pois, além das mulheres serem "diminuídas ou inferiores", a empresa que tinha mais nome e mais poder. Em troca da grande proposta, ela e suas colegas de trabalho tiveram a saúde comprometida por acreditarem cegamente em seus patrões, por terem mais prestígio.

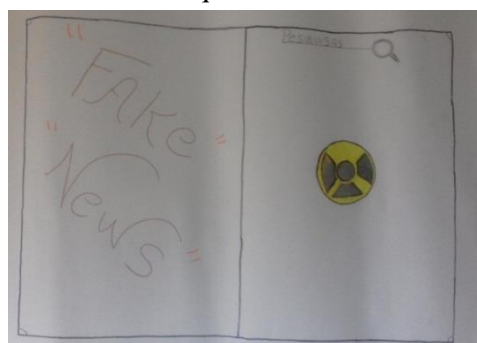
Fonte: compilação da autora.

Figura 8 - Resposta da turma B à seguinte questão: Como as pessoas podem ser manipuladas a consumir ou fazer coisas prejudiciais?



Fonte: compilação da autora.

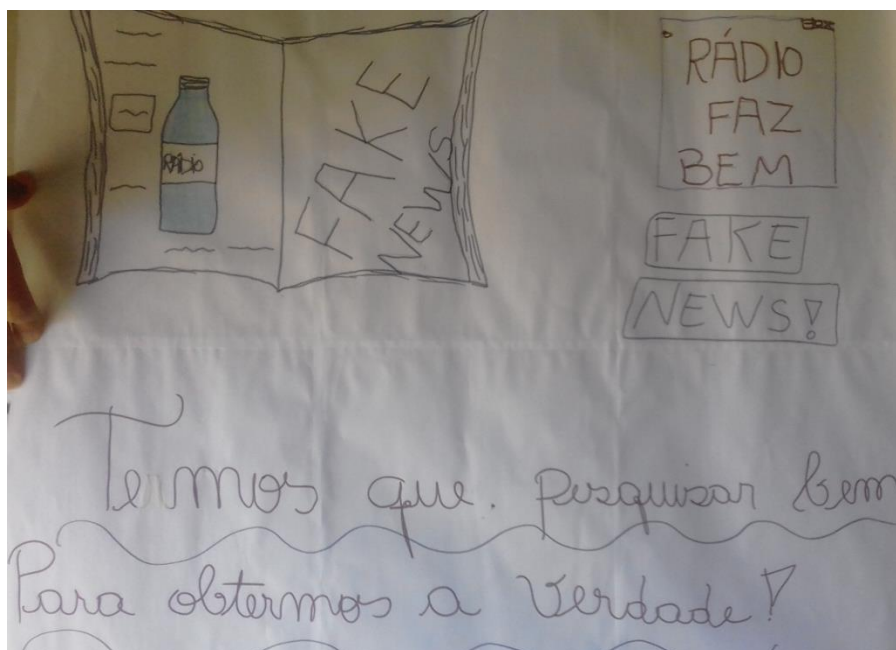
Figura 9 – Resposta da turma A aos questionamentos: Podemos confiar totalmente em pesquisas ou notícias? Como você decide em quem confiar?





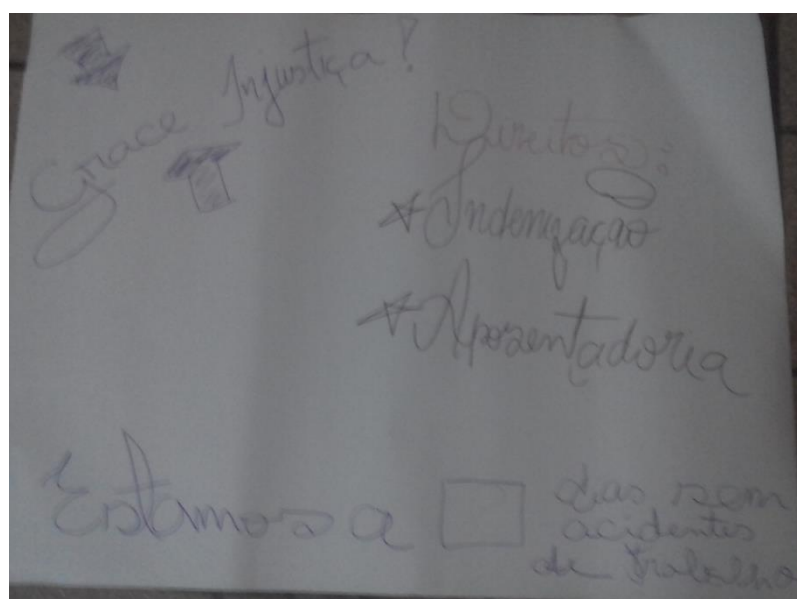
Fonte: compilação da autora

Figura 10 – Resposta da turma B aos questionamentos: Podemos confiar totalmente em pesquisas ou notícias? Como você decide em quem confiar?



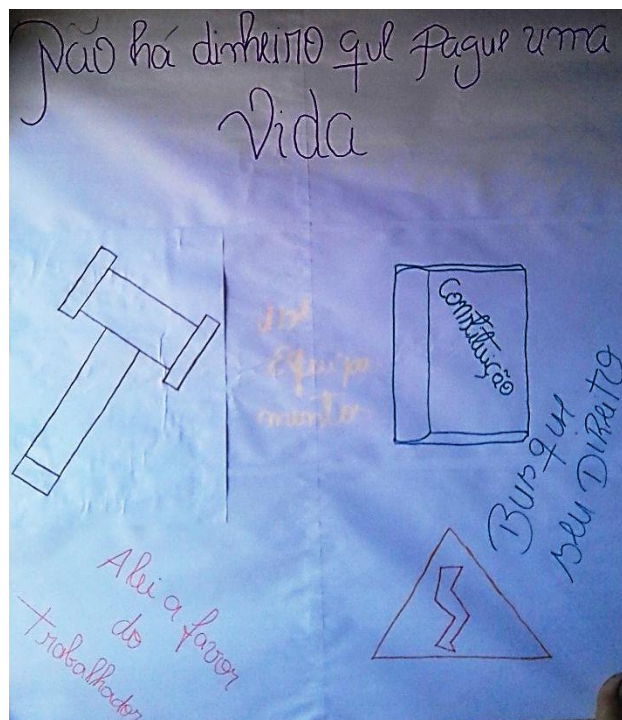
Fonte: compilação da autora.

Figura 11 – Resposta da turma A ao questionamento: As indenizações pagas às garotas-fantasmas foram justas? Hoje em dia, como é o procedimento em caso de lesões provocadas no trabalho?



Fonte: compilação da autora.

Figura 12 – Resposta da turma B ao questionamento: As indenizações pagas às garotas-fantasmas foram justas? Hoje em dia, como é o procedimento em caso de lesões provocadas no trabalho?



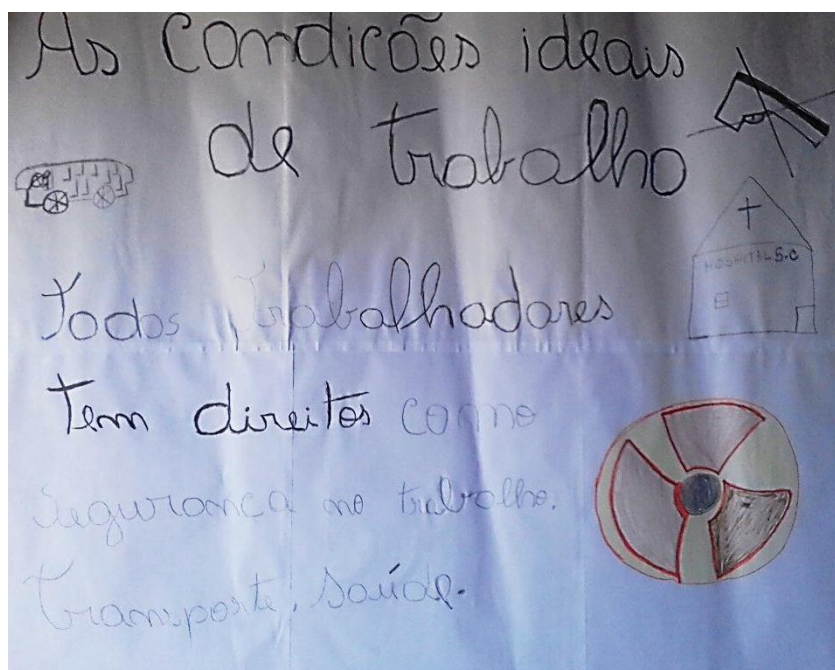
Fonte: compilação da autora.

Figura 13 – Resposta da turma A à questão: Como você definiria as condições de trabalho ideais?



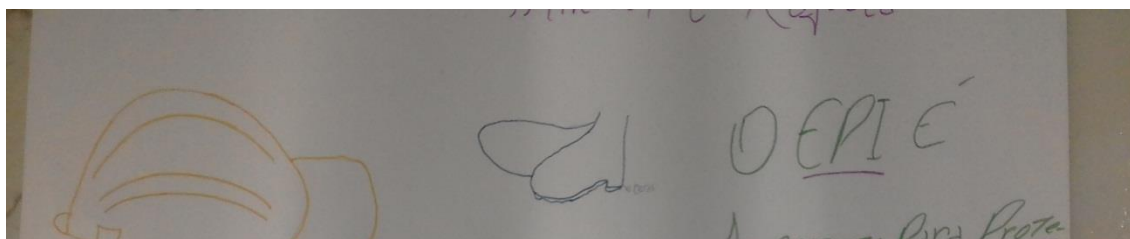
Fonte: compilação da autora.

Figura 14 – Resposta da turma B à questão: Como você definiria as condições de trabalho ideais?



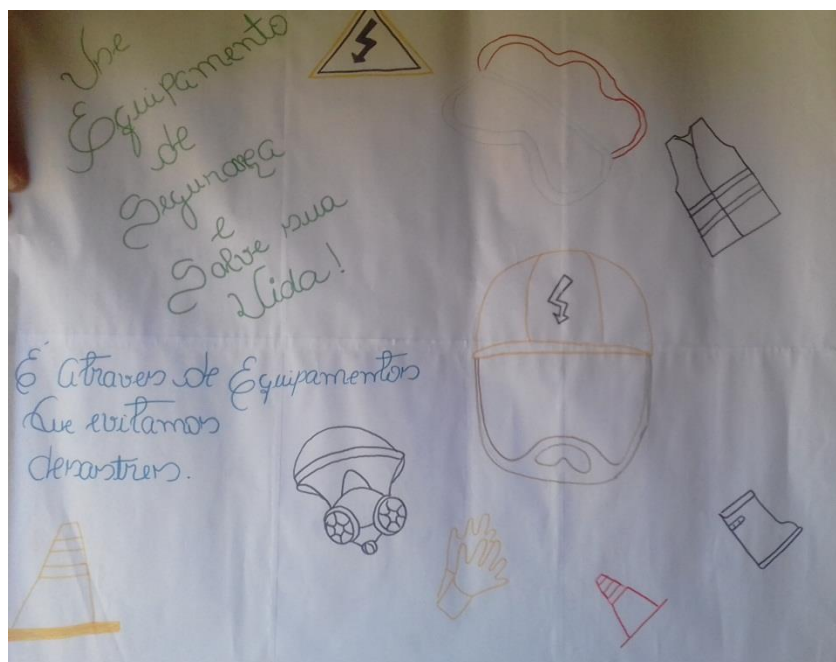
Fonte: compilação da autora.

Figura 15 – Resposta da turma A ao questionamento: Como o uso de equipamentos de proteção pode evitar acidentes?



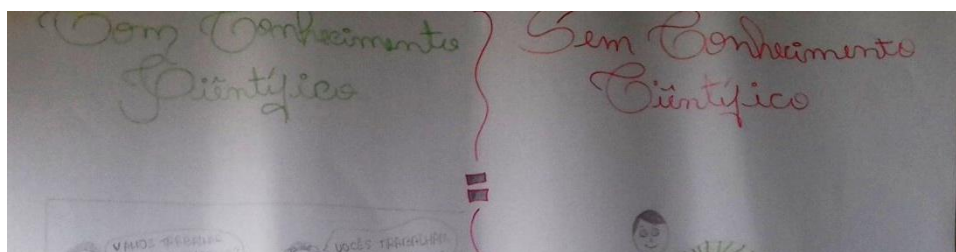
Fonte: compilação da autora.

Figura 16 – Resposta da turma B ao questionamento: Como o uso de equipamentos de proteção pode evitar acidentes?



Fonte: compilação da autora.

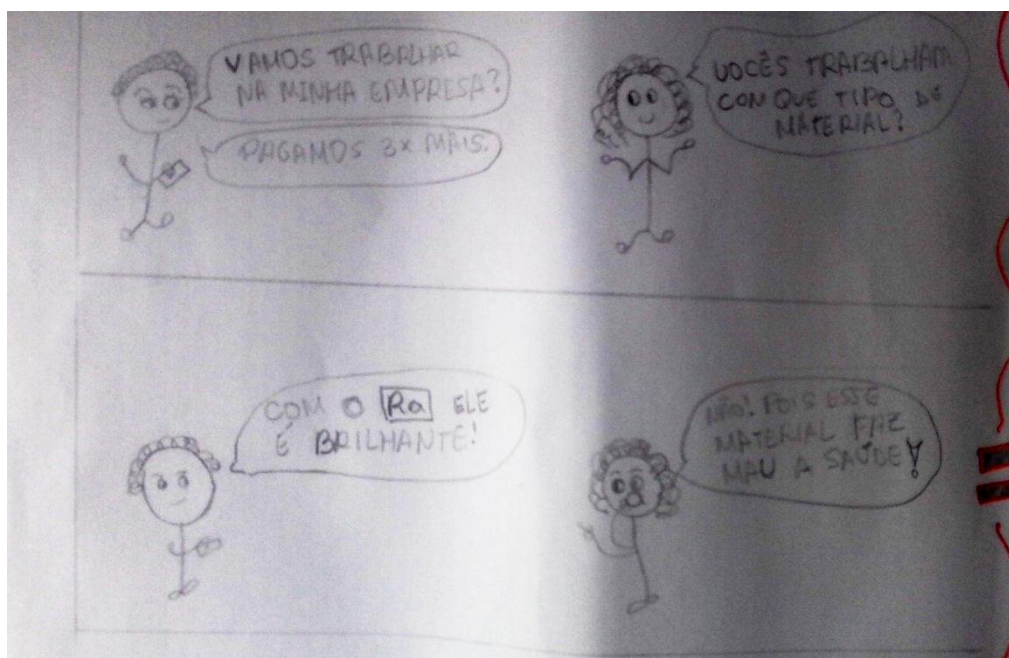
Figura 17 – Resposta da turma A ao questionamento: Como o conhecimento científico faz diferença na segurança do trabalho?





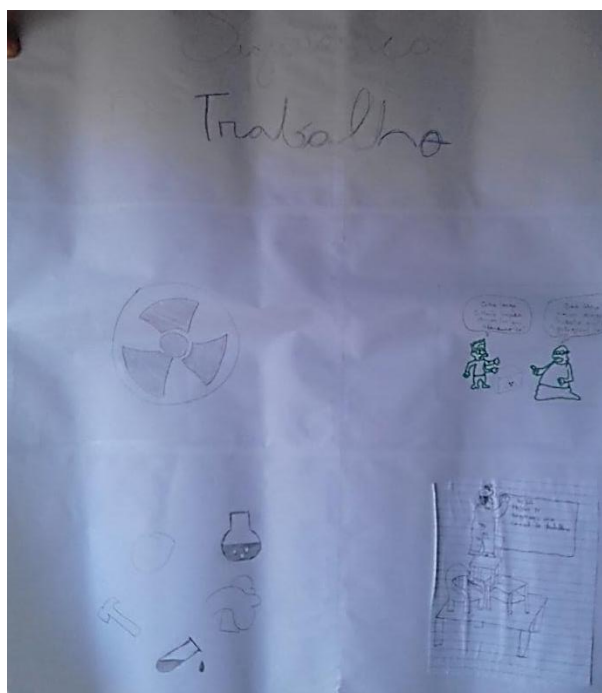
Fonte: compilação da autora.

Figura 18 – Ampliação da história em quadrinhos da resposta da turma A ao questionamento: Como o conhecimento científico faz diferença na segurança do trabalho?



Fonte: compilação da autora.

Figura 19 – Resposta da turma B ao questionamento: Como o conhecimento científico faz diferença na segurança do trabalho?



Fonte: compilação da autora.

Figura 20 – Ampliação da história em quadrinho da resposta da turma B ao questionamento: Como o conhecimento científico faz diferença na segurança do trabalho?



Fonte: compilação da autora.

Figura 21 – Ampliação do desenho na resposta da turma B ao questionamento: Como o conhecimento científico faz diferença na segurança do trabalho?



Fonte: compilação da autora.

Os alunos da turma A apresentaram os direitos das mulheres, no século XX, como uma situação precária, mas emergente, através da busca por liberdade e igualdade entre os gêneros. A determinação das garotas fantasmas em não desistir do processo trabalhista contra a U.S. Radium é resumido no lema “Força, foco e fé”. O papel/lugar da mulher hoje em dia é ainda desafiador, mas os alunos apontam que as mulheres conquistaram leis que permitiram que elas atuassem em carreiras que antes eram predominantemente masculinas. Também foi informado pela turma que os conhecimentos obtidos através da história das garotas do rádio, no que tange ao direito das mulheres, estavam sendo utilizados como argumentos nas aulas de Filosofia em debates sobre o empoderamento feminino. Isto evidencia o papel transformador da Ciência, em que os alunos se apropriam do conhecimento e produzem novo significado em outros contextos.

A turma B apresentou o direito e os valores da sociedade atual como conquistas para a liberdade das mulheres, mas traz um ponto negativo, que ainda persiste, que é a diferença salarial entre homens e mulheres que ocupam o mesmo cargo. A história em quadrinhos apresentada no cartaz traz um diálogo em que o homem informa à mulher que ela não pode trabalhar na empresa por não ter suficiente força física e emocional, enquanto a mulher retruca que o preconceito do homem é ainda mais pesado do que qualquer trabalho.

A imposição masculina e o poder financeiro foram elencados como fatores de manipulação no caso das meninas fantasmas. Segundo os alunos da turma A, o dinheiro continua sendo um grande incentivo para que as pessoas cometam escolhas erradas nos dias atuais e, como exemplos, foram citados os jovens manipulados a vender drogas com a esperança de um crescimento financeiro.

Os interesses pessoais e a busca por dinheiro e poder são fatores que, segundo os estudantes da turma B, influenciam as pessoas a cometer atitudes prejudiciais. Os jovens, principalmente, são alvo da manipulação por outros jovens, que incentivam os colegas a ingerir bebidas alcoólicas ou drogas. Os estudantes citaram exemplos reais de situações em que iniciaram o consumo de álcool precoce por influência de amigos que já bebiam. Eles cederam ao apelo dos amigos principalmente por medo de não conseguir fazer parte do grupo.

Os alunos da turma A conectaram a confiança em um fato social ou dado científico com pesquisas de fontes seguras. Eles disseram receber diariamente notícias falsas, do inglês “fake News”, que podem ser confundidas com fatos concretos se não forem investigados corretamente.

Os alunos da turma B trazem a lei a favor do trabalhador, no caso de acidentes de trabalho. E também a ineficiência da indenização no caso das meninas fantasmas porque nenhum valor em dinheiro poderia reparar o dano mortal provocado.

As condições de trabalho ideais apontadas são ambientes com segurança no trabalho, transporte e saúde. Quase que na totalidade, os alunos da turma B desenvolvem atividade com baixa remuneração em subempregos. Apenas um dos alunos tem os direitos trabalhistas preservados por um vínculo como menor aprendiz.

A indenização recebida por Grace Fryer e as meninas fantasmas foi considerada pelos estudantes da turma A como uma injustiça, pois não conseguiria conceder uma qualidade de vida em comparação à gravidade das lesões. Nos dias atuais, os alunos da turma A consideraram que existem leis trabalhistas que preveem indenização e aposentadoria em caso de lesões graves provocadas nos ambientes de trabalho. Os cartazes que são afixados em fábricas para enfatizar a segurança do ambiente ao contar os dias em que não ocorreram acidentes de trabalho também foram lembrados.

Justamente para evitar acidentes, eles trouxeram os equipamentos de proteção individual como a principal característica de um ambiente de trabalho ideal. O salário justo, a carga horária justa, os equipamentos de boa qualidade, o descanso e as refeições adequadas são características apontadas como essenciais ao ambiente de trabalho ideal. Duas alunas da turma A se identificaram como empregadas domésticas e revelaram que as condições de trabalho que elas vivenciam estão muito distantes das condições ideais, pois não atendem a nenhum dos pontos de um ambiente ideal.

Pela turma A ser composta em parte por alunos provenientes da zona rural, eles destacaram a ausência de equipamentos de proteção no campo, que acontece segundo eles por desconhecimento do perigo ao qual estão expostos. Segundo eles, os EPIs podem reduzir significativamente as ameaças ou riscos ao trabalhador.

A história em quadrinhos apresentada pelos alunos da turma A na figura 18 enfatiza que, se Grace Fryer e as meninas fantasmas tivessem tido conhecimento adequado sobre o material com o qual lidariam na fábrica, elas muito provavelmente não teriam aceitado o emprego. Isto se reflete na nossa realidade de que, se alguém nos propõe a realizar um ato que nos expõe a riscos, nós podemos decidir não cometê-lo se tivermos o conhecimento adequado para argumentar contra ele.

Os estudantes da turma B acreditam que desastres e danos permanentes à saúde do trabalhador podem ser evitados com o uso de EPIs.

Na figura 20, temos também uma história em quadrinhos cujo diálogo é:



- Essa carga é muito perigosa. Vamos ter que abandoná-la!
- Boa ideia! Assim ninguém pensará que foi a gente quem roubou.

O paradigma deste diálogo é que, como a carga é radioativa e os seres sofreram mutações por terem entrado em contato com ela, certamente com o conhecimento apropriado é possível identificar pelos efeitos da radioatividade no organismo daqueles que entraram em contato com ela.

Na figura 21, temos a mensagem “AVISO: Padrão de segurança no local de trabalho”. Os alunos apontam a insegurança da situação que o trabalhador se expõe na imagem para pregar uma mensagem que não condiz com a realidade em que ele está situado. Assim também seriam os locais de trabalho reais, regidos por leis de segurança no trabalho, sujeitos a denúncias e inspeções, mas pouco preocupados efetivamente com a segurança do trabalhador.

As frases, imagens e diálogos estabelecidos durante a terceira aula são componentes de construção do conhecimento através do processo de representação múltipla, que estabelece um aprendizado mais efetivo ao empregar recursos de múltiplos canais de comunicação (MAYER, 2002).

Durante a confecção dos cartazes, os estudantes puderam pesquisar nos livros didáticos, buscar dados na internet através dos celulares e puderam trocar experiências entre os grupos, visando a uma composição mais amplificada de ideias.

Na quarta aula, cada turma (A e B) foi dividida em três grupos e recebeu um quebra-cabeça a ser montado. Em ambas as turmas, os alunos conseguiram reconhecer com facilidade a simbologia  $\alpha$  (alfa) e  $\beta$  (beta) porque, segundo os próprios estudantes, já tinham conhecimento prévio de algumas letras gregas por meio de passagens bíblicas e uso na Matemática e na Física. A letra  $\gamma$  (gama) foi apresentada aos alunos como um dos três símbolos de emissões radioativas.

Três cartazes representando as três emissões radioativas foram pregados em locais estratégicos da sala de aula nas turmas A e B. Cada grupo anteriormente formado ficou responsável por inserir a correspondente letra grega no cartaz adequado. A cada nova informação requisitada, os grupos tiveram que trocar os cartazes, de modo que todos pudessem representar alguma característica das emissões radioativas. As informações pedidas foram: simbologia, característica (partícula ou energia), descrição da emissão, exemplos e materiais de proteção (USBRCO, SALVADOR, 2002).

Os alunos de ambas as turmas puderam pesquisar em livros didáticos e na internet através do celular para compor os cartazes. A turma B teve dificuldade em distinguir as características de partícula e energia da radiação. Os alunos de ambas as turmas conseguiram perceber e relacionar que a penetração na matéria é baixa para partículas alfa, média para partículas beta e alta para emissão gama. Desta forma, os materiais de proteção variam conforme a emissão.

Na quinta aula, foi aberto um fórum de discussão com os alunos sobre situações que eles já tivessem vivenciado acerca de radioatividade. Na turma A, os alunos trouxeram à tona fatos sobre o acidente com o césio-137 em Goiânia. O aluno 7 argumentou que o material radioativo tinha sido encontrado em uma máquina hospitalar, por isso enfatizou a necessidade de se ter um descarte apropriado. Para o aluno 8, a radioatividade é importante para a sociedade, pois é usada em tratamentos,

como a radioterapia, e também é usado em exames, como radiografia e tomografia. Para a turma B, a discussão foi sobre o acidente na usina nuclear de Chernobyl, no qual o descumprimento de diversas regras de segurança em um teste nuclear provocaram o incidente. O aluno 9 destacou a importância de seguir as normas de segurança no trabalho, pois foi o descumprimento (no caso da usina de Chernobyl) e a falta de normas (no caso da U.S. Radium) que provocaram grandes efeitos negativos à humanidade.

Após a discussão, os alunos foram organizados em um círculo e as fichas (ANEXO 2) diversas foram distribuídas no centro do círculo, para que os alunos escolhessem e completassem as informações sobre exemplos práticos de emissões radioativas. Cada ficha foi reproduzida em três cópias, totalizando quinze fichas. O resultado foi muito satisfatório quanto aos acertos, pois os alunos se incumbiram de dividir responsabilidades e partilhar saberes para solucionar de maneira efetiva. Todos colaboraram coletivamente para preencher as fichas e corrigiram os erros dos colegas, à medida que resolviam os problemas.

Como finalização da sequência didática, as turmas A e B assistiram a um vídeo com imagens captadas durante as cinco aulas e puderam reconhecer na tela que foram construtores do conhecimento, participando ativamente dos momentos de aprendizado, relembrando situações vividas e associando com o contexto didático apresentado.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou a observação de como a história das meninas fantasmas pode ser um contexto propício para o ensino de radioatividade através de representação múltipla (textos, imagens e diálogos). Além disso, também permitiu gerar uma identificação social dos problemas do século XX com a realidade atual, no âmbito do direito do trabalhador.

Ao empregar a radioatividade, que é um conceito distante da realidade dos estudantes do interior da Paraíba, em um contexto social, a interação com o conhecimento científico se tornou natural e interdisciplinar, tendo em vista que os estudantes começaram a agregar argumentação no campo da Filosofia, apresentar situações com similaridade à temática da radioatividade nacionalmente e mundialmente, e instigar a motivação na resolução de questões.

A aprendizagem significativa foi efetivada quando os alunos se mostraram dispostos e motivados a ancorar os novos conhecimentos, dando um novo significado à radioatividade e alcançando o entendimento em um novo contexto, como ocorreu com a associação do evento ocorrido com as garotas do rádio aos eventos do acidente de Chernobyl e o acidente do Césio-137 no Brasil. A sequência didática conferiu uma conexão lógica e progressiva entre as informações necessárias para atingir a aprendizagem significativa.

Muito mais do que memorizar fórmulas e conceitos químicos, os alunos puderam perceber a influência da ciência nas leis trabalhistas, na construção do direito das mulheres e na contestação de informações falsas.

## REFERÊNCIAS

- ANWAR, Y.; LOWENSTEIN, E. J. **Radium**: Curie's Perpetual Sunshine, *JAMA Dermatol.* Ed.151, vol.7, 2015.
- AQUINO, K. A. S.; CHIARO, S. Uso de Mapas Conceituais: percepções sobre a construção de conhecimentos de estudantes do ensino médio a respeito do tema radioatividade, **Ciências & Cognição**, Vol. 18, Ed. 2, 2013.
- BERNARDELLI, M. S. **Encantar para ensinar**: um procedimento alternativo para o ensino de química. In: CONVENÇÃO BRASIL LATINOAMERICANA, CONGRESSO BRASILEIRO E ENCONTRO PARANAENSE DE PSICOTERAPIAS CORPORAIS. 2004.
- BRAATHEN, P. C. Aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa no processo de ensino-aprendizagem de química. **Revista Eixo**, v. 1, n. 1, 2012.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**. Brasília: MEC; SEMTEC, 1999.
- BRASIL. Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares Nacionais**. Brasília: Ministério da Educação, 2006.
- CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, n. 21, 2003.
- CLARK, C. **Radium Girls, Women and Industrial Health Reform: 1910-1935**. Univ of North Carolina Press, 1997. 289 p.
- CUNHA, M. B. O movimento ciência/tecnologia/sociedade (CTS) e o ensino de ciências: condicionantes estruturais. **Revista Varia Scientia**, v. 06, n. 12, 2006.
- DEMO, P. **Educação e alfabetização científica**. Papirus Editora, 2014. 160 p.
- FERNANDES, E. David Ausubel e a aprendizagem significativa. **Nova Escola**, Ed. 248, 2011.
- GUNDERMAN, R. B.; GONDA, A. S. Radium Girls, **Radiology**, v. 274, n.2 , 2015.
- HURD, Paul D. Science Literacy: Its Meaning for American Schools. **Educational Deadership**, n. 16, p. 13-16, 1958.
- JOHNSON, R. R. Romancing the Atom: Nuclear Infatuation from the Radium Girls to Fukushima. **ABC-CLIO**, 2012. 217 p.
- LEITE, F. F. S. **Dismistificando a sequência didática: a elaboração passo a passo de uma SD**. In: IV ENCONTRO DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA DA UEPB – ENFOPROF. 2014.

LEMOS, E. S. A aprendizagem significativa: estratégias facilitadoras e avaliação. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review**, v. 1, n. 1, 2011.

MACHADO, N. J. **Interdisciplinaridade e contextuação**. In: Ministério da Educação, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM): fundamentação teórico-metodológica. Brasília: MEC. INEP, 2005.

MAYER, R. E. Multimedia learning. **The Annual Report of Educational Psychology in Japan**, v. 41, 2002.

MILARE, T.; RICHETTI, G. P.; ALVES FILHO, J. P. Alfabetização científica no ensino de Química: Uma análise dos temas da seção Química e sociedade da Revista Química Nova na Escola. **Química Nova na escola**, v. 31, n. 3, 2009.

MOREIRA, M. A. **APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**: da visão clássica à visão crítica1. In: I Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa, 2006.

OLIVEIRA, C. L. Um apanhado teórico-conceitual sobre a pesquisa qualitativa: tipos, técnicas e características. Disponível em: [http://www.unioeste.br/prppg/mestrados/letras/revistas/travessias/ed\\_004/artigos/educacao/pdfs/UM%20APANHADO%20TE%20D3RICO-CONCEITUAL.pdf](http://www.unioeste.br/prppg/mestrados/letras/revistas/travessias/ed_004/artigos/educacao/pdfs/UM%20APANHADO%20TE%20D3RICO-CONCEITUAL.pdf). Acesso em: 01 de maio de 2019.

OLIVEIRA, S.; GUIMARÃES, O. M.; LORENZETTI, L. Uma proposta didática com abordagem CTS para o estudo dos gases e a cinética química utilizando a temática da qualidade do ar interior. **R. B. E. C. T.**, v. 8, n. 4, 2015.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, 2007.

ROTH, W. M.; DÉSAUTELS, J. **Science education as/for socio-political action**. New York: Peter Lang, 2002. 16 p.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira, **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, 2002.

SANTOS, W. L. P. Educação Científica Humanística em Uma Perspectiva Freireana: Resgatando a Função do Ensino de CTS, **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.1, n.1, 2008.

SANTOS, A. O.; SILVA, R. P.; ANDRADE, D.; LIMA, J. P. M. Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigadas em ações do (PIBID/UFS/Química), **CIENTIA PLENA**, v. 9, n. 7, 2013.

SILVA, F. C. V.; CAMPOS, A. F.; ALMEIDA, M. A. V. Alguns aspectos do ensino e aprendizagem de radioatividade em periódicos nacionais e internacionais, **Revista de Educação em Ciências e Matemática**, v.10, n.19, 2013.

STOCKTON, R. **The Unbelievable True Story Of America's Radium Girls**. Disponível em: <http://allthatsinteresting.com/radium-girls/4> . Acesso em 22 de abril de 2019.

TAVARES, R. **Aprendizagem significativa**. Conceitos, 2003.

USBERCO, J.; SALVADOR, E. **Química-Volume único**. 5. Ed. São Paulo: Saraiva, 2002.

\_\_\_\_\_. **Aprendizagem significativa em um ambiente multimídia**. In: V Encontro Internacional sobre Aprendizaje Significativo, 2006.

\_\_\_\_\_. Aprendizagem significativa e o ensino de ciências, **Ciências & Cognição**; v. 13, n.1, 2008.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L.; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e contextualização no ensino de química. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 2, 2013.

## ANEXOS

### ANEXO 1 – Plano de aula

ESCOLA ESTADUAL DE ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO  
TURMA: 3º ANO  
MINISTRANTE: PATRÍSIA DO NASCIMENTO DELGADO  
DISCIPLINA: QUÍMICA  
TEMA: RADIOATIVIDADE  
DURAÇÃO: 5 AULAS

#### OBJETIVOS

Relacionar o fenômeno da radioatividade no contexto histórico e social; compreender os efeitos da radiação no corpo; utilizar a ciência para se posicionar criticamente em relação aos direitos trabalhistas;

#### AULA 1

##### ESTRATÉGIA

- Apresentação e discussão da história de Grace Fryer no contexto da radioatividade e dos direitos trabalhistas.

##### AValiação

Observação dos comentários e respostas dos alunos perante as questões apresentadas no texto.

#### AULA 2

##### ESTRATÉGIA

- Apresentação e discussão da história de Grace Fryer no contexto da radioatividade e dos direitos trabalhistas.

##### AValiação

Observação dos comentários e respostas dos alunos perante as questões apresentadas no texto.

#### AULA 3

### ESTRATÉGIA

- Proposição de formação de grupos e elaboração de cartazes com imagens e tópicos que respondam questionamentos relacionados à Química, à radioatividade e aos direitos trabalhistas.

### AVALIAÇÃO

Apresentação em grupo dos cartazes e colaboração dos outros grupos para acrescentar informações ao cartaz que os outros elaboraram.

## AULA 4

### ESTRATÉGIA

- Jogo de quebra-cabeça e elaboração de cartaz.

### AVALIAÇÃO

Montagem de um quebra-cabeça por grupo, formando imagens que representam as partículas alfa, beta e gama. Colagem dos quebra-cabeças em cartazes. Pesquisa e anotação sobre definição de emissão radioativa. Cartazes são trocados para que os alunos pesquisem efeitos e medidas de segurança contra a radiação. Posteriormente, trocam-se os cartazes para que os grupos pesquisem e mostrem um exemplo daquela emissão. Cartazes são trocados novamente até que os três grupos tenham dado exemplo de cada emissão.

Os dados apresentados são corrigidos pelos próprios alunos e pelo ministrante da aula.

## AULA 5

### ESTRATÉGIA

- Exemplos de emissão radioativa;
- Organização da sala de aula em círculo e realização de exercícios com participação ativa e coletiva dos alunos, através de fichas escolhidas com questões práticas sobre emissão alfa e beta.
- Exibição de vídeo com os melhores momentos das aulas.

### AVALIAÇÃO

Realização de exercícios através de fichas com participação coletiva.

### BIBLIOGRAFIA

ANGELO, D. A geração que escovou os dentes com radioatividade. Disponível em: <https://www.ideafixa.com/oldbutgold/historia-a-geracao-que-escovou-os-dentes-com-radioatividade> . Acesso em 22 de abril de 2018.

MOORE, K. A história esquecida das "radium girls", cujas mortes salvaram as vidas de milhares de trabalhadores. Disponível em: [https://www.buzzfeed.com/authorkatemoore/radium-girls-brasil?utm\\_term=.bqQozB4yB#.jbqRzdAkd](https://www.buzzfeed.com/authorkatemoore/radium-girls-brasil?utm_term=.bqQozB4yB#.jbqRzdAkd) . Acesso em 22 de abril de 2018.

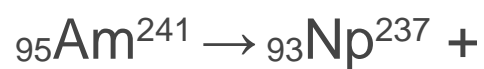
THE RADIUM GIRLS. Spring 2013. The tragic story of the Ottawa, IL “Radium Girls” of the 1930s. Originally created for the Spring 2013 “Hard Work” themed issue of The Cartoon Picayune.



STOCKTON, R. The Unbelievable True Story Of America's Radium Girls. Disponível em: <http://allthatsinteresting.com/radium-girls/4> . Acesso em 22 de abril de 2018.  
USBERCO, J.; SALVADOR, E. Química-Volume único. 5. Ed. São Paulo: Saraiva, 2002.

## ANEXO 2 – FICHAS

Ficha 1



Ficha 2



Ficha 3



Ficha 4



Ficha 5

